

明 細 書

薄片試料作製方法および複合荷電粒子ビーム装置

5 技術分野

本発明は、透過電子顕微鏡で観察するための薄片試料を作製するための、半導体デバイス等試料表面に薄片を薄片を形成する薄片試料作製方法および複合荷電粒子ビーム装置に関する。

10 背景技術

近年、半導体デバイスや表示デバイスなどの各種デバイスは、機能向上を実現するため、その構造は微細に、そして複雑になっている。特に、各デバイスを形成する素子や配線が数原子層レベルの薄膜を重ねた積層構造になっており、その構造を観察する需要は高い。そのため、試料表面所定箇所に集束イオンビームを用いて薄片を形成して取り出し、透過電子顕微鏡などの高分解能顕微鏡にて観察する手法が一般的になっている。

従来、集束イオンビーム照射系と電子ビーム照射系とからなる複合装置を用いて、集束イオンビームにて試料表面の所望箇所をスパッタリングエッチング加工して薄片試料を作製し、作製した薄片試料を取り出し、取り出した薄片試料を透過電子顕微鏡にて観察する方法が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

[特許文献 1] 特開平 4 - 7 6 4 3 7 号公報（第 2 頁）

[特許文献 2] 特開平 4 - 6 2 7 4 8 号公報（第 2 頁）

25 デバイス製造技術の発展に伴い被観察物の構造が微細になっている。この微細構造を観察するため透過電子顕微鏡を利用するが、微細構造を

高分解能顕微鏡観察するためには観察のための薄片試料作製を行う際に、集束イオンビーム（FIB）によるスパッタリングエッチング加工を行った際に薄片試料に残る損傷を最小限にすると同時に、薄片試料の形状確認を電子ビーム照射走査による走査電子顕微鏡（SEM）観察にて行なうことが示されている。

特許文献 2 に示されているように、薄片試料の厚さを均一にするためには、試料を傾斜しながら加工することが知られている。しかしながら、このような加工方法において、薄片の厚さを制御する方法は知られていない。

- 10 本発明は上記の問題点を解決し、薄片の厚さを正確に制御すると同時に短時間で薄片試料を作製することができることを目的とする。

発明の開示

- 上記課題を解決するために、本願発明においては、集束イオンビームを用いて試料表面をスパッタリングエッチング加工する方法において、形成した薄片の側壁に対して平行な方向から第二の集束イオンビームを走査照射して、薄片の厚さを測定し厚みを確認しながら薄片試料を作成するようにした。

- さらに、複数の集束イオンビームを組み合わせ加工を行なうようにし、加工に要する時間を短縮するようにした。

また、ツインビーム装置（FIB+FIB）やデュアルビーム装置（FIB+SEM）を用い、そのステージのチルト方向を、試料ステージ面が各ビーム鏡筒を含む平面がとなす角が変更可能な方向にした。このことを図 4 を用いて説明する。

- 25 通常は、図 4（a）のように試料ステージ 7 は各ビーム鏡筒 1、3 を含む平面方向に傾斜するように構成されている。

それに対して、本発明においては図 4 (b) に示すように少なくとも 90 度異なる軸に対して傾斜する構成となっている。このことにより第一の荷電粒子ビームで側壁の傾斜角を補正して加工できると同時に、あるいはすぐさま第二の荷電粒子ビームで薄片試料の厚みを測定することができる。あるいは、さらに上記両方向に傾斜することも含む。すなわち、ツインビーム装置またはデュアルビーム装置に、傾斜軸を 2 つ持つデュアルチルト構成となっている。

すなわち、本願発明においては、まず第一に、試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、
10 該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、第一の集束イオンビームのエッチング加工によって薄片部を作製すると同時にまたは前記第一の集束イオンビーム照射を一時中断して、前記作製された薄片部の側壁に平行な方向に第二の集束イオンビームを走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片部の厚さを測定し、
15 前記薄片部の厚さが所定の厚さになったことを確認して前記エッチング加工を終了することを特徴とする。

第二に、試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、第一の集束イオンビームを用いて第一の
20 集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の両側をエッチング加工する第一の工程と、前記第一の工程に続いて前記第一の集束イオンビームを用いて前記第一の集束イオンビーム条件と比較して低加速電圧かつ／または低ビーム電流である第二の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する第二の工程と、前記薄片とすべき領域の
25 側壁に平行な方向に第二の集束イオンビームを走査照射して前記薄片とすべき領域の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片とすべき領域の厚さを

測定する第三の工程とからなり、前記第二の工程と第三の工程を同時に行ない又は交互に繰り返しながら前記薄片とすべき領域の厚さを所定の厚さに形成することを特徴とする。

5 第三に、本願発明による薄片試料を作製する方法は、前記薄片とすべき領域の第一の側壁に対し前記第二第三の工程を施し、第一の所望の厚さに形成にした後、前記薄片とすべき領域の第二の側壁に対して第二第三の工程を施して、前記所定の厚さに形成することを特徴とする。

10 第四に、前記第二の工程において、前記薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する時に、前記第一の集束イオンビームが該側壁にその傾斜を補正するように照射されるように前記試料を傾斜させて、集束イオンビームを走査照射させることを特徴とする。

15 第五に、試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、第一の集束イオンビームを用いて第一の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の両側をエッチング加工する第一の工程と、第二の集束イオンビームを前記薄片とすべき領域の側壁に平行な方向でかつ前記第一の集束イオンビームと異なる角度から走査照射して前記薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する第二の工程と、前記第一の集束イオンビームを用いて、前記第一の集束イオンビーム条件と比較して加速電圧の低い第二の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片とすべき領域の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片とすべき領域の厚さを測定する第三の工程とからなり、前記第二の工程と第三の工程を同時に行ない又は交互に繰り返しながら前記薄片とすべき領域の厚さを所定の厚さに形成することを特徴とする。

25 第六に、試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片

試料を作製する方法において、第一の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の第一の側壁を露出させるための第一の被加工領域をスパッタリングエッチング加工すると同時に、第二の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記薄片とすべき領域の第二の側壁を露出させるための第二の被加工領域をスパッタリングエッチング加工する第一の工程と、前記第一の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記第二の被加工領域をスパッタリングエッチング加工すると同時に、第二の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記第一の被加工領域をスパッタリングエッチング加工する第二の工程と、

前記第一の側壁にその傾斜を補正するように前記第一の集束イオンビームが入射するように試料を傾斜して、前記第一の集束イオンビームを用いて前記第一の集束イオンビーム条件より低加速電圧かつ／または低ビーム電流である第二の集束イオンビーム条件で前記第一の側壁をスパッタリングエッチング加工すると同時にまたは第一の集束イオンビーム照射を一次中断して、前記第二の集束イオンビームの第三の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片の厚さを測定して前記薄片の厚さが第一の所定の厚さになったことを確認して第一の集束イオンビームによるエッチング加工を終了する第三の工程と、前記第二の側壁にその傾斜を補正するように前記第一の集束イオンビームが入射するように試料を傾斜して前記第一の集束イオンビームの前記第二の集束イオンビーム条件で前記第二の側壁をスパッタリングエッチング加工すると同時にまたは第一の集束イオンビーム照射を一時中断して、前記第二の集束イオンビームの前記第三の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片の厚さを測定して前記薄片の厚さが前記第一の所定の厚さより薄い第二

の所定の厚さになったことを確認して第一の集束イオンビームによるエッチング加工を終了する第四の工程と、からなることを特徴とする。

第七に、前記薄片とすべき領域の側壁に不活性イオンビームを照射してスパッタリングエッチングする仕上げ工程を有し、前記不活性イオン
5 ビームによるスパッタリングエッチング加工後に前記薄片とすべき領域の厚さが所望の厚さになるようにすることを特徴とする。

第八に、本願発明における複合集束イオンビーム装置においては、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第一の集束イオンビーム鏡筒と、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第二の集束イオンビーム鏡筒と、試料を
10 載置して複数の駆動軸を持って三次元空間を移動させる試料ステージからなる複合集束イオンビーム装置において、前記第一の集束イオンビーム鏡筒より照射された第一の集束イオンビームと、前記第二の集束イオンビーム鏡筒より照射された第二の集束イオンビームは、前記試料ステージ上に載置された試料表面の同一箇所に異なる角度で照射されるように配置され、前記試料ステージは、少なくとも前記第一の集束イオンビーム鏡筒と前記第二の集束イオンビーム鏡筒によって形成される第一の
15 平面に対して直角に交差する第二の平面を基準として前記第一の平面に対する角度を変更可能に傾斜することを特徴とする。

第九に、本願発明による複合集束イオンビーム装置においては、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第一の集束イオンビーム鏡筒と、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第二の集束イオンビーム鏡筒と、不活性イオン源から発生した不活性イオンビームを集束して試料表面に走査照射
20 する不活性イオンビーム鏡筒と、試料を載置して複数の駆動軸を持って三次元空間を移動させる試料ステージからなる複合集束イオンビーム装

置において、前記第一の集束イオンビーム鏡筒と、前記第二の集束イオンビーム鏡筒と、前記不活性イオンビーム鏡筒は同一平面上に配置され、

前記第一の集束イオンビーム鏡筒より照射された第一の集束イオンビームと、前記第二の集束イオンビーム鏡筒より照射された第二の集束イオンビーム、前記不活性イオンビーム鏡筒より照射された不活性イオンビームは、前記試料ステージ上に載置された試料表面の同一箇所に異なる角度で照射されるように配置され、前記試料ステージは、少なくとも前記第一の集束イオンビーム鏡筒と前記第二の集束イオンビーム鏡筒と前記不活性イオンビーム鏡筒によって形成される第一の平面に対して直角に交差する第二の平面を基準として前記第一の平面に対する角度を変更可能に傾斜することを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明による集束イオンビーム複合装置の一構成例である。

図 2 は、本発明による集束イオンビーム複合装置に用いられる試料ステージの動作に関する説明図である。

図 3 は、本発明による方法の一実施例である。

図 4 は、試料ステージのチルト方向を示す説明図で、(a) は正面図、(b) はその側面図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の装置の一実施例を図 1 に示して説明する。

液体金属イオン源から発生するイオンを集束イオン光学系で集束し、試料表面に焦点を合せて走査照射する第一の集束イオンビーム鏡筒 1 と、液体金属イオン源から発生するイオンを集束イオン光学系で集束し、試料表面に焦点を合せて走査照射する第二の集束イオンビーム鏡筒

2 と、アルゴンなどの不活性イオンビームを発生して試料に照射する不活性イオンビーム鏡筒 3 が試料室 4 に取り付けられている。試料室内は、真空ポンプ 5 によって真空排気され、高真空状態を保持している。試料室 4 の内側には、試料 6 を載置して移動する試料ステージ 7 が設置されている。

第一の集束イオンビーム鏡筒 1 と、第二の集束イオンビーム鏡筒 2 と、不活性イオンビーム鏡筒 3 は、同一平面上に配置されている。そして、第一の集束イオンビーム鏡筒 1 から発射される第一の集束イオンビームと、第二の集束イオンビーム鏡筒 2 から発射される第二の集束イオンビームと、不活性イオンビーム鏡筒 3 から発射される不活性イオンビームは、試料ステージ 7 に載置された試料 6 の表面一箇所で交差するように調整されている。このとき、第一の集束イオンビーム鏡筒 1、第二の集束イオンビーム鏡筒 2、不活性イオンビーム鏡筒 3 の配置は、入れ替えても良い。

15 試料ステージ 7 は、複数の駆動軸を持っていて、試料 6 を載置して三次元空間を移動可能となっているが、図 2 に示すように、第一の集束イオンビーム鏡筒 1、第二の集束イオンビーム鏡筒 2、不活性イオンビーム鏡筒 3 を含む第一の平面 8 に対して直交する第二の平面 9 を基準とし、その交差角度が変更可能な構造になっている。その交差角度の変更可能範囲は、少なくとも ± 1 度あれば良い。これは、試料の側壁を試料表面に対して垂直に立てるために設けられる傾斜角度である。実験的にこの程度の角度より傾斜することができれば、目的を達成できる。すなわち、試料の側壁面の傾斜を補正することができる。

25 第一の集束イオンビーム鏡筒 1 から発射されて試料表面を走査照射される第一の集束イオンビームは、試料 6 の表面の被加工領域をスパッタリングエッチング加工する。同時にまたは第一の集束イオンビームを停

止して、第二の集束イオンビーム鏡筒 2 から発射されて試料表面を走査照射される第二の集束イオンビームは、試料 6 の表面の被加工領域を含む領域に走査照射される。そして、試料 6 表面から発生する電子などの二次荷電粒子を図 1 には図示されていない二次荷電粒子検出器にて検出し、同じく図示されていない装置制御システムにて走査電子顕微鏡像となる。また、第一の集束イオンビーム鏡筒 1 と第二の集束イオンビーム鏡筒 2 の役割は入れ替えることもできる。さらに、第一の集束イオンビーム鏡筒 1 と第二の集束イオンビーム鏡筒 2 は試料表面の同一箇所または異なった場所を同じスパッタリングエッチング加工することもできる。

本装置を用いて薄片試料を作製する場合、一方の集束イオンビームにてスパッタリングエッチング加工している状態を他方の集束イオンビーム走査照射による走査イオン顕微鏡像で観察し、薄片の厚さが設定された厚さになったところで、装置制御システムは第一及び第二の集束イオンビームの試料への照射を終了する。

また、集束イオンビームにて薄片を所定の厚さに加工した後に、不活性イオンビーム鏡筒 3 から発射される不活性イオンビームを試料 6 表面の薄片周辺に照射してスパッタリングエッチング加工を行うのと同時に、第一または第二いずれか一つの集束イオンビームを走査照射して薄膜周辺を走査イオン顕微鏡像で観察し、薄片の厚さが設定された厚さになったところで、装置制御システムは集束イオンビーム及び不活性イオンビームの試料への照射を終了する。

図 3 に本発明による方法一実施例を説明する。

図 3 a に示すように、試料表面の薄片として残す領域 11 の両側に、加工枠 12 a および 12 b を設定する。

そして、加工枠 12 a を第一の集束イオンビーム 101 でスパッタリン

グエッチング加工すると同時に加工枠 1 2 b を第二の集束イオンビーム 1 0 2 でスパッタリングエッチング加工する。

続いて、図示されていないが、加工枠 1 2 b を第一の集束イオンビームで、加工枠 1 2 a を第二の集束イオンビームでスパッタリングエッチング加工する。

このとき、第一の集束イオンビームと第二の集束イオンビームは試料表面に対して直交する平面上にあり、試料表面の同一箇所に異なる角度で入射する位置に配置されている。そして、いずれも加速電圧が高く、エッチング速度の速い第一の集束イオンビーム条件にてスパッタリングエッチング加工を行う。

その結果、薄片として残す領域 1 1 を含んだ領域の両側がエッチング加工される。

続いて、図 3 b に示すように、薄片として残す領域 1 1 の一方の側壁側に加工枠 1 3 を設定する。そして、試料を傾斜させて、第一の集束イオンビーム条件と比較してビーム径の小さい第二の集束イオンビーム条件にて第一の集束イオンビーム 1 0 1 を走査照射してスパッタリングエッチング加工を行う。傾斜角度は、薄片の側壁が試料表面に対して垂直になるように設定するものとする。このとき第一の集束イオンビームを照射しながら、または第一の集束イオンビームを停止して、第二の集束イオンビームを第三の集束イオンビーム条件にて走査照射して、薄片の表面を走査イオン顕微鏡観察する。そして、薄片の厚さが所定の厚さになったところで、第一及び第二の集束イオンビームの照射を終了する。

続いて、図 3 c に示すように、薄片として残す領域 1 1 のもう一方の側壁側に加工枠 1 4 を設定する。そして、試料を傾斜させて、第二の集束イオンビーム条件にて第一の集束イオンビーム 1 0 1 を走査照射してスパッタリングエッチング加工を行う。このときの傾斜角度は他方の傾

斜と同じ条件で決定する。図 3 b の工程と同様に、第三の集束イオンビーム条件で第二の集束イオンビームを走査照射して、薄片の表面を走査イオン顕微鏡観察する。そして、薄片の厚さが所定の厚さになったところで、第一及び第二の集束イオンビームの照射を終了する。

5 そして、ここで、薄片の周囲を第一乃至第二の集束イオンビームによるスパッタエッチング加工にて加工して、薄片を試料から切り離しても良い。

薄片に残る集束イオンビームによるスパッタリングエッチング加工による損傷が、透過電子顕微鏡による観察に影響する場合、第二の集束イ
10 オンビーム条件において、加速電圧を 10 kV 以下の低い電圧に設定して行なっても良い。

また、図 3 d に示すように、試料を水平に戻し、薄片を含む領域 15
に不活性イオンビームを照射する。そして、薄片周辺をスパッタリングエッチング加工しても良い。そのとき、薄片周辺に第一乃至第二の集束
15 イオンビームを第三の集束イオンビーム条件で走査照射して、薄片の表面を走査イオン顕微鏡観察し、薄片の厚さが所定の厚さになったところ
で、集束イオンビーム及び不活性イオンビームの照射を終了する。

その後、上述したのと同様に、薄片の周囲を集束イオンビームによる
スパッタリングエッチング加工にて加工して、薄片を試料から切り離
20 す。

産業上の利用可能性

本発明により、試料表面に薄片を形成する際に、その薄片の厚さを正確に制御すると同時に短時間で薄片試料を作製することができる。また、実施例などで説明してないが、薄片の側壁に対して平行な方向から
25 集束イオンビームを走査照射して薄片の厚さを観察していることから、

薄片の上部のみならず、下部に至るまでの厚さの均一性も確認することができるという効果を得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. 試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料
5 を作製する方法において、第一の集束イオンビームのエッチング加工によって薄片部を作製すると同時に、または前記第一の集束イオンビーム照射を一時中断して、前記作製された薄片部の側壁に対して平行な方向から第二の集束イオンビームを走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片部の厚さを測定し、前記薄片部の厚さが所定の厚さ
10 になったことを確認して前記エッチング加工を終了することを特徴とする薄片試料作製方法。

2. 試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、

15 第一の集束イオンビームを用いて第一の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の両側をエッチング加工する第一の工程と、

前記第一の工程に続いて前記第一の集束イオンビームを用いて前記第一の集束イオンビーム条件と比較して低加速電圧かつ／または低ビーム電流である第二の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の側壁をエ
20 ッチング加工する第二の工程と、

前記薄片とすべき領域の側壁に対して平行な方向から第二の集束イオンビームを走査照射して前記薄片とすべき領域の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片とすべき領域の厚さを測定する第三の工程とからなり、

前記第二の工程と第三の工程を同時に行ない又は交互に繰り返しながら前記薄片とすべき領域の厚さを所定の厚さに形成することを特徴とする薄片試料作製方法。
25

3. 前記薄片とすべき領域の第一の側壁に対し前記第二第三の工程を施し、第一の所望の厚さに形成にした後、前記薄片とすべき領域の第二の側壁に対して第二第三の工程を施して、前記所定の厚さに形成することを特徴とする請求項2記載の薄片試料作成方法。

5 4. 前記第二の工程において、前記薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する時に、前記第一の集束イオンビームが該側壁にその傾斜を補正するように照射されるように前記試料を傾斜させることを特徴とする請求項2または3記載の薄片試料作製方法。

10 5. 試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、

第一の集束イオンビームを用いて第一の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の両側をエッチング加工する第一の工程と、

15 第二の集束イオンビームを前記薄片とすべき領域の側壁に対して平行な方向でかつ前記第一の集束イオンビームと異なる角度から走査照射して前記薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する第二の工程と、

前記第一の集束イオンビームを用いて、前記第一の集束イオンビーム条件と比較して加速電圧の低い第二の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片とすべき領域の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片とすべき領域の厚さを測定する第三の工程とからなり、

20

前記第二の工程と第三の工程を同時に行ない又は交互に繰り返しながら前記薄片とすべき領域の厚さを所定の厚さに形成することを特徴とする薄片試料作製方法。

25 6. 前記薄片とすべき領域の第一の側壁に対し前記第二第三の工程を施し、第一の所望の厚さに形成にした後、前記薄片とすべき領域の第二の側壁に対して第二第三の工程を施して、前記所定の厚さに形成するこ

とを特徴とする請求項 5 記載の薄片試料作成方法。

7. 前記第二の工程において、前記薄片とすべき領域の側壁をエッチング加工する時に、前記側壁にその傾斜を補正するように前記試料を傾斜させて、前記第二の集束イオンビームを試料に照射することを特徴と

5 する請求項 5 または 6 記載の薄片試料作製方法。

8. 試料表面に集束イオンビームを走査照射してエッチング加工することにより薄片部を形成し、該薄片部を取り出すことにより、薄片試料を作製する方法において、

10 第一の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で薄片とすべき領域の第一の側壁を露出させるための第一の被加工領域をスパッタリングエッチング加工すると同時に、第二の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記薄片とすべき領域の第二の側壁を露出させるための第二の被加工領域をスパッタリングエッチング加工する第一の工程と、

15 前記第一の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記第二の被加工領域をスパッタリングエッチング加工すると同時に、第二の集束イオンビームの第一の集束イオンビーム条件で前記第一の被加工領域をスパッタリングエッチング加工する第二の工程と、

20 前記第一の側壁にその傾斜を補正するように前記第一の集束イオンビームが入射するように試料を傾斜して、前記第一の集束イオンビームを用いて前記第一の集束イオンビーム条件より低加速電圧かつ／または低ビーム電流である第二の集束イオンビーム条件で前記第一の側壁をスパッタリングエッチング加工すると同時に、または第一の集束イオンビーム照射を一次中断して、前記第二の集束イオンビームの第三の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記
25 薄片の厚さを測定して前記薄片の厚さが第一の所定の厚さになったこと

を確認して第一の集束イオンビームによるエッチング加工を終了する第三の工程と、

前記第二の側壁にその傾斜を補正するように前記第一の集束イオンビームが入射するように試料を傾斜して前記第一の集束イオンビームの前記第二の集束イオンビーム条件で前記第二の側壁をスパッタリングエッチング加工すると同時に、または第一の集束イオンビーム照射を一時中断して、前記第二の集束イオンビームの前記第三の集束イオンビーム条件で走査照射して前記薄片の表面部分を顕微鏡観察し、前記薄片の厚さを測定して前記薄片の厚さが前記第一の所定の厚さより薄い第二の所定の厚さになったことを確認して第一の集束イオンビームによるエッチング加工を終了する第四の工程と、

からなることを特徴とする薄片試料作製方法。

9. 前記請求項1から6のいずれかに記載の薄片試料作製方法において、前記薄片とすべき領域の側壁に不活性イオンビームを照射してスパッタリングエッチングする仕上げ工程を有し、前記不活性イオンビームによるスパッタリングエッチング加工後に前記薄片とすべき領域の厚さが所望の厚さになるようにすることを特徴とする薄片試料作製方法。

10. イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第一の集束イオンビーム鏡筒と、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第二の集束イオンビーム鏡筒と、試料を載置して複数の駆動軸を持って三次元空間を移動させる試料ステージからなる複合集束イオンビーム装置において、

前記第一の集束イオンビーム鏡筒より照射された第一の集束イオンビームと、前記第二の集束イオンビーム鏡筒より照射された第二の集束イオンビームは、前記試料ステージ上に載置された試料表面の同一箇所に異なる角度で照射されるように配置され、前記試料ステージは、少なく

とも前記第一の集束イオンビーム鏡筒と前記第二の集束イオンビーム鏡筒によって形成される第一の平面に対して直角に交差する第二の平面を基準として前記第一の平面に対する角度を変更可能に傾斜することを特徴とする複合集束イオンビーム装置。

- 5 11. イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第一の集束イオンビーム鏡筒と、イオン源から発生したイオンビームを集束して試料表面に走査照射する第二の集束イオンビーム鏡筒と、不活性イオン源から発生した不活性イオンビームを集束して試料表面に走査照射する不活性イオンビーム鏡筒と、試料を載置して複数の駆
10 動軸を持って三次元空間を移動させる試料ステージからなる複合集束イオンビーム装置において、

前記第一の集束イオンビーム鏡筒と、前記第二の集束イオンビーム鏡筒と、前記不活性イオンビーム鏡筒は同一平面上に配置され、

- 前記第一の集束イオンビーム鏡筒より照射された第一の集束イオンビ
15 ームと、前記第二の集束イオンビーム鏡筒より照射された第二の集束イオンビーム、前記不活性イオンビーム鏡筒より照射された不活性イオンビームは、前記試料ステージ上に載置された試料表面の同一箇所に異なる角度で照射されるように配置され、前記試料ステージは、少なくとも
20 前記第一の集束イオンビーム鏡筒と前記第二の集束イオンビーム鏡筒と前記不活性イオンビーム鏡筒によって形成される第一の平面に対して直角に交差する第二の平面を基準として前記第一の平面に対する角度を変更可能に傾斜することを特徴とする複合集束イオンビーム装置。

1/3

図 1

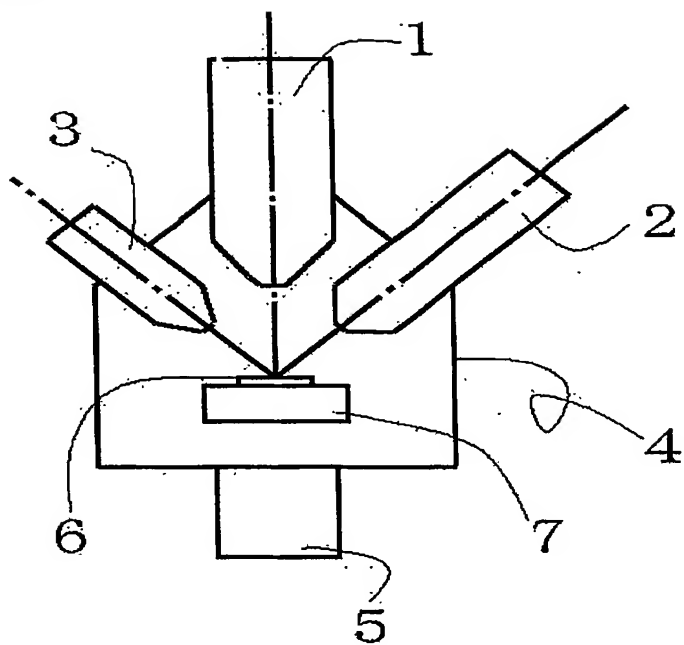
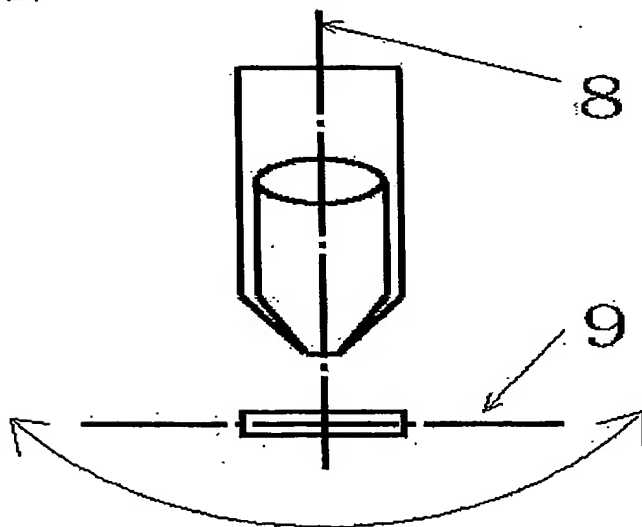


図 2



2/3

図 3

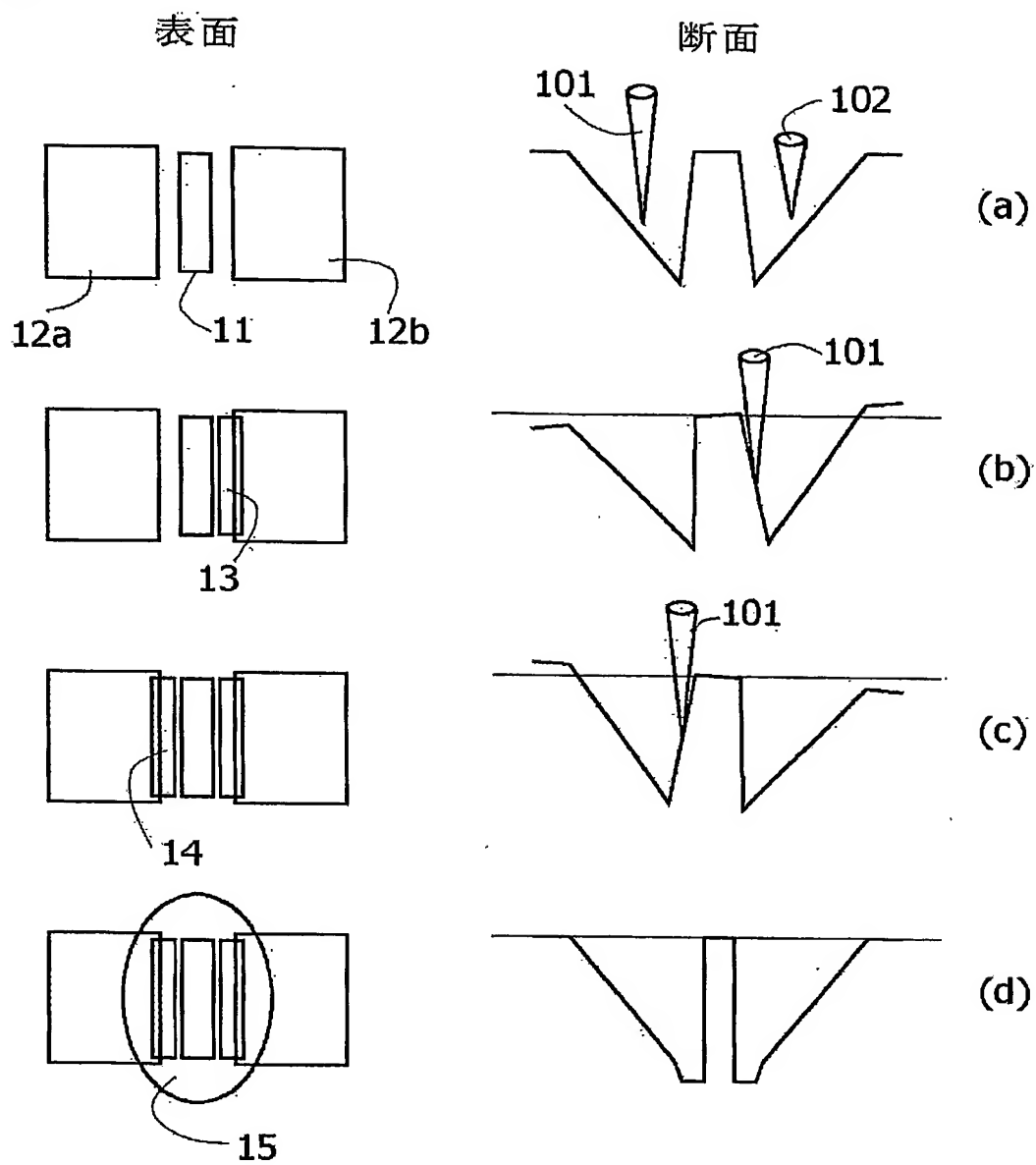
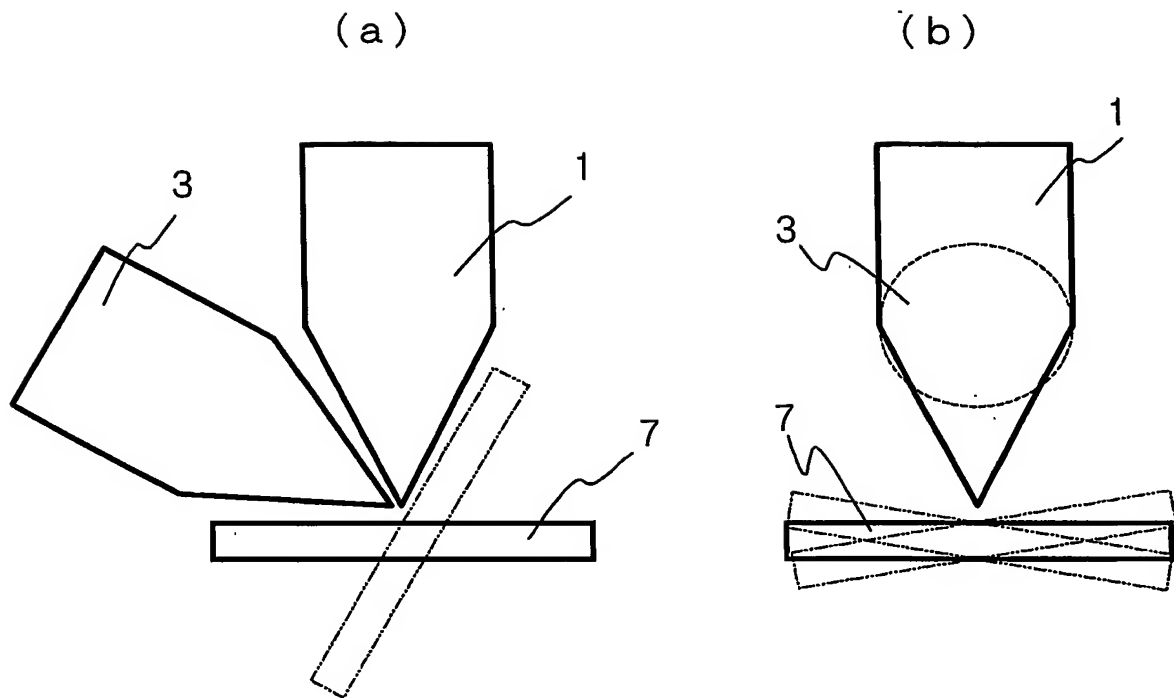


図 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01N1/28, G01N1/32, H01J37/305

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01N1/00-1/44, G01N23/04, H01J37/305, H01L21/302

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 08-327514 A (Nippondenso Co., Ltd.), 13 December, 1996 (13.12.96), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1, 9-11 2-8
Y A	JP 2002-150990 A (Hitachi, Ltd.), 24 May, 2002 (24.05.02), Par. Nos. [0051] to [0054]; Figs. 6, 7 & US 2002-50565 A & EP 1204133 A	1, 10, 11 2-9
Y	JP 2001-345360 A (Hitachi, Ltd.), 14 December, 2001 (14.12.01), Par. Nos. [0048] to [0052]; Fig. 5 (Family: none)	9, 11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 August, 2004 (23.08.04)

Date of mailing of the international search report
07 September, 2004 (07.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009868

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-228562 A (Toshiba Micro-Electronics Corp., Toshiba Corp.), 14 August, 2002 (14.08.02), Claims; Fig. 1 (Family: none)	2-8
A	JP 07-333120 A (Hitachi, Ltd.), 22 December, 1995 (22.12.95), Full text; Figs. 1 to 27 & DE 69531714 D & EP 687897 A & US 5656811 A & KR 155242 B	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N1/28, G01N1/32, H01J37/305

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N1/00-1/44, G01N23/04, H01J37/305, H01L21/302

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 JICSTファイル(JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 08-327514 A (日本電装株式会社) 1996. 1	1, 9-11
A	2. 13, 全文, 第1~6図 (ファミリーなし)	2-8
Y	JP 2002-150990 A (株式会社日立製作所) 200	1, 10, 11
A	2. 05. 24, 段落番号【0051】~【0054】, 第6, 7 図 & US 2002-50565 A & EP 12041 33 A	2-9

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 野村 伸雄

2 J 9311

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-345360 A (株式会社日立製作所) 2001. 12. 14, 段落番号【0048】～【0052】, 第5図 (ファミリーなし)	9, 11
A	JP 2002-228562 A (東芝マイクロエレクトロニクス株式会社, 株式会社東芝) 2002. 08. 14, 【特許請求の範囲】, 第1図 (ファミリーなし)	2-8
A	JP 07-333120 A (株式会社日立製作所) 1995. 12. 22, 全文、第1～27図 & DE 69531714 D & EP 687897 A & US 5656811 A & KR 155242 B	1-11